

## **Про побудову замкнених систем керування статичних тиристорних компенсаторів**

**Білоха Д.О.**

*Харківська національна академія міського господарства*

Компенсація реактивної потужності є знайомим способом зниження втрат та підвищення якості електроенергії в електричних мережах. В сучасних умовах постійно зростає насиченість електричних мереж промислових підприємств нелінійними та швидкозмінними навантаженнями, такими як дугові сталеплавильні печі, тиристорні перетворювачі для живлення електроприводів, зварювальні агрегати і т.д. Це вимагає від засобів компенсації можливості швидко і плавно регулювати величину генерованої чи споживаної реактивної потужності. Статичний тиристорний компенсатор (СТК) є одним з пристроїв, що спроможний задовольнити цю вимогу за рахунок зміни кута відкриття тиристорів в колі фазокерованого реактора (ФР).

СТК, що застосовуються в електричних мережах за призначенням можна умовно розділити на два типи:

- застосовуються для керування споживанням реактивної потужності з метою регулювання режимів електроенергетичних систем;
- здійснюють компенсацію реактивної потужності швидкозмінного навантаження для підвищення економічних показників роботи електромережі промислового підприємства та приведення якості електроенергії у відповідність нормам.

Для СТК другого типу актуальною є задача підвищення швидкодії і точності, оскільки саме ці показники суттєво впливають на ефективність компенсації, під якою розуміється зниження втрат активної потужності в живлячій мережі та зменшення коливань напруги в точці підключення СТК. За умови незмінності схеми силової частини СТК єдиним шляхом вирішення даної задачі є удосконалення системи керування (СК) СТК.

Значне число робіт, що присвячені принципам керування СТК для ме-

реж з швидкозмінним навантаженням, наприклад [1-2], пропонують розімкнені СК, що обумовлено їх стійкістю та простотою будови. Крім того, традиційним підходом є представлення моделі ФР лінійною передатною функцією, що не дозволяє врахувати дискретний характер роботи тиристорів та нелінійність ФР. В той же час замкнені СК СТК заслуговують більшої уваги, оскільки, як відомо, їм властива точність регулювання не залежно від причини відхилення, крім того, замкнена СК може бути зроблена астатичною.

Звідси постає задача розробки замкненої СК СТК, що дала б можливість досягти високої швидкодії і точності компенсації реактивної потужності швидкозмінного навантаження при врахуванні дискретного характеру роботи тиристорів та нелінійності ФР.

В роботі [3] представлена імпульсна математична модель ФР, що представляє ФР ланкою замкненої СК, при чому враховується дискретність роботи тиристорів та нелінійність ФР. Основою моделі є рівняння в кінцевих різницях

$$\Delta I_{1*}[n+1] = \frac{1}{\pi} (-2\Delta\alpha[n] + \sin 2\alpha[n-1] - \sin 2(\alpha[n-1] + \Delta\alpha[n])). \quad (1)$$

де  $n$  – номер інтервалу дискретності, що дорівнює півперіоду напруги мережі;  $\Delta I_{1*}[n+1]$  – відносна зміна амплітуди струму ФР;  $\alpha[n-1]$  – минуле значення кута відкриття тиристора в колі ФР;  $\Delta\alpha[n]$  – зміна кута відкриття тиристора ФР.

На основі моделі (1) була розроблена замкнена астатична СК однофазним СТК оптимальна за швидкодією при вхідному сигналі у формі одиничної ступінчастої функції. Структурна схема даної СК представлена на рис. 1.

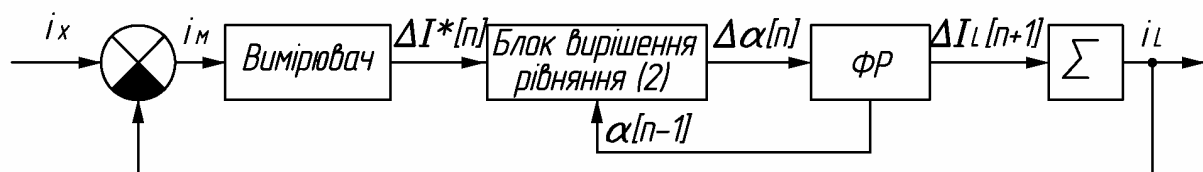


Рис. 1 – Структурна схема замкненої СК однофазного СТК

Не зважаючи на переваги СК СТК [3], якими є мінімальна тривалість перехідного процесу регулювання (один півперіод) та нульова похибка в усталеному режимі при вхідному сигналі у вигляді ступінчастої функції, її практична значимість не висока, оскільки найбільш поширеними є трифазні СТК. Проте, дана СК може бути основою для розробки трифазної замкненої СК СТК, яка б враховувала нелінійність та неповну керованість тиристорів ФР і забезпечувала нульову похибку в усталеному режимі та мінімальну тривалість перехідного процесу при керуванні трифазним СТК.

При розробці СК трифазного СТК слід враховувати, що для досягнення граничної швидкодії система має знаходити кут відкривання фазних тиристорів по чергово один за одним з інтервалом в 60 ел.градусів. Основна задача при розробці СК трифазного СТК полягає в урахуванні факту впливу зміни струму однієї фази ФР одночасно на реактивні складові двох споживаних з мережі струмів. З цією метою доцільним представляється представлення процесу компенсації в векторній формі.

Таким чином, слід визнати важливість розробки швидкодіючої СК трифазним СТК на основі однофазної системи, представленої в [3]. Для розв'язання даної задачі необхідно визначити передатні функції (чи алгоритми роботи) каналів СК для кожної фази ФР з урахуванням з'єднання його в трикутник, для чого доцільним є представлення процесу компенсації в векторній формі.

### **Література**

1. Fusco G., Losi A., Russo M. Adaptive Voltage Regulator Design for Static VAR Systems // Control Engineering practice. - 2001. - №9. - P.109-117.
2. Яценко А.А., Точилин В.В., Пономарев В.А., Матюнин Ю.В. Кибернетическая модель системы пофазового управления тиристорным компенсатором реактивной мощности // Известия вузов. Электромеханика. - 1987. - №8 - С.99-104.

3. Білоха Д.О. Математична модель та система керування однофазного фазокерованого реактора // Технічна електродинаміка. - 2007. - №2. - С.25-29.